

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-237644

(43) 公開日 平成11年(1999) 8月31日

(51) Int.Cl.⁶

G 0 2 F 1/135

1/133

識別記号

5 0 5

F I

G 0 2 F 1/135

1/133

5 0 5

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号

特願平10-37812

(22) 出願日

平成10年(1998) 2月19日

(71) 出願人 000005496

富士ゼロックス株式会社

東京都港区赤坂二丁目17番22号

(72) 発明者 柿沼 武夫

神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーン

テクなかい富士ゼロックス株式会社内

(72) 発明者 有沢 宏

神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーン

テクなかい富士ゼロックス株式会社内

(72) 発明者 小林 英夫

神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーン

テクなかい富士ゼロックス株式会社内

(74) 代理人 弁理士 佐藤 正美

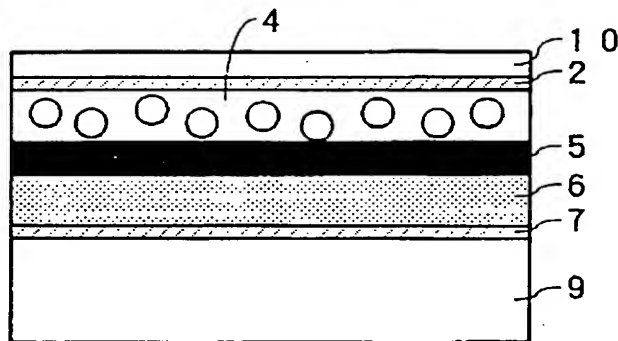
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 液晶デバイス、その駆動方法および駆動装置

(57) 【要約】

【課題】 薄型かつ軽量で、取り扱いやすい、リライタブル表示媒体を実現できるとともに、書き込み装置の小型化および低コスト化を実現できるようにする。

【解決手段】 保護層10と透明樹脂基板9との間に、液晶層4と有機光導電体層6を積層する。液晶層4は、コレステリック液晶と透明樹脂からなる自己保持型液晶複合体とする。第1のステップでは、液晶層4全体をプレーナ相にする。第2のステップでは、透明電極2、7間に露光時の第1閾値電圧と非露光時の第1閾値電圧との間の電圧を印加しながら、液晶デバイスを露光する。これによって、液晶デバイスの全面にわたって同時に露光しなくても画像を書き込むことができる。露光手段としては、レーザまたは発光ダイオードアレイを用いる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】液晶層と光導電体層を積層した液晶デバイスにおいて、前記液晶層をコレステリック液晶と透明樹脂からなる自己保持型液晶複合体とし、前記光導電体層を有機光導電体層としたことを特徴とする液晶デバイス。

【請求項 2】請求項 1 の液晶デバイスにおいて、前記液晶層と前記光導電体層を樹脂基板によって保持したことを特徴とする液晶デバイス。

【請求項 3】請求項 1 の液晶デバイスに画像を記録する方法であって、

第 1 のステップで、前記液晶層全体をプレーナ相にし、第 2 のステップで、前記液晶層の露光時の相変化の第 1 閾値と非露光時の相変化の第 1 閾値との間の電圧を液晶デバイスに印加しながら、液晶デバイスを露光することを特徴とする液晶デバイス駆動方法。

【請求項 4】請求項 3 の液晶デバイス駆動方法において、露光手段としてレーザを用いることを特徴とする液晶デバイス駆動方法。

【請求項 5】請求項 3 の液晶デバイス駆動方法において、露光手段として発光ダイオードアレイを用いることを特徴とする液晶デバイス駆動方法。

【請求項 6】請求項 1 の液晶デバイスに画像を記録する装置であって、

第 1 のステップで、前記液晶層全体をプレーナ相にし、第 2 のステップで、前記液晶層の露光時の相変化の第 1 閾値と非露光時の相変化の第 1 閾値との間の電圧を液晶デバイスに印加しながら、液晶デバイスを露光することを特徴とする液晶デバイス駆動装置。

【請求項 7】請求項 1 の液晶デバイスを初期化する方法であって、

前記液晶層の露光時の相変化の第 2 閾値と非露光時の相変化の第 2 閾値との間の電圧を液晶デバイスに印加しながら、液晶デバイスを全面露光することを特徴とする液晶デバイス初期化方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、液晶と光導電体を用いて画像を表示し、記録する液晶デバイス、およびその駆動方法に関する。

【0002】

【従来の技術】森林資源保護などの地球環境保全や、スペースセーブといった事務環境改善などの理由から、紙に替わるハードコピー技術として、リライタブルマーキング技術への期待が大きい。

【0003】しかし、紙のハードコピーは、(1) 明るく、コントラストの高い、反射型フルカラー表示が可能であり、読みやすく、情報表示密度が高い、(2) 軽薄

で、可とう性を有する構造であり、楽な姿勢で見ることができ、照明条件の選択の幅が広い、(3) 表示にメモリ性を有し、無電源での情報表示、保存が可能であるとともに、フリッカレスな表示で、目の疲労が少ない、

(4) 低コストで、その割りに生産性も高いため、複数枚の同時表示による一覧性が得やすく、情報の比較やブラウジングなどが容易である、という従来の電子ディスプレイには無い優れた利便性を持っている。このため、オフィスのペーパーレス化は期待されるほどには促進されず、電子ディスプレイに表示されている情報を改めて紙にハードコピーとして印字してから閲覧するという行為を引き起こすことになっている。

【0004】したがって、紙に代わる表示媒体には、省資源、省廃棄物を実現するための書き換え可能性に加えて、上記のような紙文書固有の多様な利便性の再現が必要となる。

【0005】近年では、特に加熱を引き金とした化学変化を利用したリライタブルマーキング技術の研究が盛んであり、ロイコ染料／両性顔減色剤系、ロイコ染料／顔色剤／有機性有機化合物系、ロイコ染料／長鎖アルキル顔減色剤系などの方式が提案されている。しかし、これらロイコ染料を用いる方式は、そのラクトン環の開閉に伴う発消色変化を利用する化学変化型であり、現在のところ高い白黒コントラストと画像の維持性を両立することは困難である。

【0006】これに対して、加熱を引き金とした物理変化型の方式が、画像の維持性が比較的得やすいものとして提案されている。高分子／長鎖アルキル低分子系、ポリマーブレンド系、高分子液晶系などが、これに当たる。高分子／長鎖アルキル低分子系は、内部の空隙を加熱温度によって変化させ、光散乱性を制御する方式であり、ポリマーブレンド系は、冷却速度によってミクロ相分離状態を変化させ、光散乱性を制御する方式である。また、高分子液晶系は、主として冷却速度によって結晶性を変化させて光散乱性を制御する方式である。

【0007】しかし、これらの光散乱性を制御する方式は、画像の維持性は得やすいものの、コントラストが低く、商品の応用範囲が限られてしまう。

【0008】さらに、上記のような加熱を引き金としたリライタブルマーキング技術は、銀塩写真や電子写真にみられる画像入力信号の増幅過程を含まないため、多くの記録エネルギーが必要となり、また単位時間あたりの画像記録の生産性も期待できないため、さらに応用範囲が限られるという欠点がある。

【0009】ところで、液晶と光導電体を積層した液晶デバイスは、画像情報の並列処理や、投射型ディスプレイ、ホログラム、光変調器などとして用いられる空間光変調素子や、光情報を記録する情報記録媒体として用いることができる。

【0010】特開平 9 - 1 2 0 0 4 5 号には、図 1 1

(A) に示すように、基板 31 上に電極 32 を形成し、電極 32 上に電荷発生層 33、濃度勾配層 34 および電荷輸送層 35 からなる光導電体層 36 を形成して、半導電性の光センサ 30 を構成するとともに、基板 41 上に電極 42 を形成し、電極 42 上に液晶相と樹脂相からなる情報記録層 43 を形成して、情報記録媒体 40 を構成し、光センサ 30 の基板 31 と反対側、および情報記録媒体 40 の基板 41 と反対側を、スペーサ 51 により空隙を形成して対向させた液晶デバイスが示されている。

【0011】基板 31 および電極 32、または基板 41 および電極 42 を透明にし、情報記録層 43 にメモリ性のあるスメクチック液晶を用い、図 11 (B) に示すように、電源 52 から電極 32、42 間に電圧を印加するとともに、透明基板側から露光して、その露光によって生じた光センサ 30 上の電荷分布に応じて、図 11

(C) に白濁部 43W および透明部 43T として示すように、情報記録層 43 のスメクチック液晶の白濁度を変調して、情報記録媒体 40 に画像を記録し、その画像が記録された情報記録媒体 40 は光センサ 30 から剥離できる、というものである。

【0012】しかしながら、この従来の方式は、高感度高分解能ではあるが、スメクチック液晶の後方散乱強度が弱いため、目視では画像を確認しにくいという欠点がある。また、記録が安定で、加熱によってしか消去できないため、繰り返し記録消去を行う場合にはエネルギーを多く消費する欠点がある。

【0013】論文「Reflective Display with Photoconductive Layer and Bistable, - Reflective Cholesteric Mixture: SID 96 APPLICATION DIGEST p. 59-62」には、図 12 に示すように、透明基板 61 上に、透明電極 62、光導電体層 63、黒色遮光層 64、コレステリック液晶（カイラルネマチック液晶）と透明樹脂からなる高分子分散液晶層 65、透明電極 66 および透明基板 67 を順次積層した液晶デバイスが示されている。

【0014】図 13 は、この液晶デバイスの、外部から印加される電圧と反射率との関係を示したもので、この液晶デバイスでは、透明電極 62、66 間に、第 1 閾値電圧（コレステリック液晶のフォーカルコニック相とホメオトロピック相の相変化の閾値電圧） V_1 以上の電圧を矩形波として与え、その後、電圧を除去した場合に、高分子分散液晶層 65 は、最終状態でプレーナ相となって高い反射率を示す。

【0015】一方、第 2 閾値電圧（コレステリック液晶のプレーナ相とフォーカルコニック相の相変化の閾値電圧） V_2 以上、第 1 閾値電圧 V_1 以下の電圧を矩形波として与えると、高分子分散液晶層 65 は、最終状態でフォーカルコニック相となって低い反射率を示す。第 2

閾値電圧 V_2 以下の電圧を与えた場合には、反射率は初期状態により異なる。

【0016】すなわち、第 2 閾値電圧 V_2 以下の電圧を与えた場合、初期状態がプレーナ相であったときには、図 13 の実線で示すように、低電圧領域のプラトーを経て電圧の増加に従って反射率が減少する。一方、初期状態がフォーカルコニック相であったときには、同図の破線で示すように、最終状態もフォーカルコニック相のままであり、低い反射率を示す。

【0017】さらに、図 14 に示すように、上記の第 1 閾値電圧 V_1 および第 2 閾値電圧 V_2 は、光導電体層 63 を露光するか否かによって変化する。図 14 は、初期状態がフォーカルコニック相であるときの、印加電圧と印加電圧除去後の最終状態の反射率との関係を示したもので、実線は露光時の関係、破線は非露光時の関係である。

【0018】 V_{1e} および V_{2e} は、露光時の第 1 閾値電圧および第 2 閾値電圧、 V_{1u} および V_{2u} は、非露光時の第 1 閾値電圧および第 2 閾値電圧である。ここで、液晶デバイスに印加する電圧を、 V_{1e} と V_{1u} の間の電圧 V_r に固定して、露光手段によって画像状の露光パターンを光導電体層 63 に形成し、その後、電圧を除去すると、図 12 (B) に示すように、露光部分に相当するコレステリック液晶がプレーナ相となって高い反射率を示す一方で、図 12 (A) に示すように、非露光部分に相当するコレステリック液晶はフォーカルコニック相となって低い反射率を示す。

【0019】露光パターンの形成のためには透過型の液晶ディスプレイが用いられる。高分子分散液晶層 65 に形成された画像は高い反射率とコントラストを示すため、目視によって容易に認識することができる。また、このようにして形成された画像は、液晶デバイスに V_{2u} 以上、 V_{1e} 以下の電圧を加え、または液晶デバイスをネマチック-アイソトロピック転移点以上の温度に加熱し、または超音波で処理することによって、容易に消去することができる。

【0020】

【発明が解決しようとする課題】図 11 または図 12 に示したような液晶デバイスの光センサ 30 ないし光導電体層 63 に対する露光手段としては、透過型液晶ディスプレイによる密着露光、ファイバーオプティクスプレートを用いた陰極線管による密着露光、透過型マスクによる密着露光などが一般に考えられる。特に、高解像度、大情報量の表示記録を行う場合には、半導体レーザによる走査露光や、発光ダイオードアレイなどの 1 次元集積発光素子などによる間欠露光が、コストや速度の面で重要になる。

【0021】ここで言う間欠露光とは、素子の 1 画素や 1 ビットに注目したとき、記録に要する時間のほとんどが露光のための時間に当てられず、デューティ比の小さ

いパルス状の露光が行われることを指す。

【0022】図12に示した液晶デバイスは、図15(A)に露光時の反射率の時間変化を示し、図15(B)に非露光時の反射率の時間変化を示すところから明らかなように、連続露光によって容易に画像を形成することができる。

【0023】しかしながら、図16の露光強度に示すように間欠的な露光をしたときには、同図に反射率の時間変化を示すように、画像を形成することができないという大きな欠点がある。

【0024】コレステリック液晶がプレーナ相を形成するためには、デバイスに印加される電圧が、第1閾値電圧 V_1 以上の電圧から0Vの電圧まで、サブミリ秒のオーダーで急激に降下する必要がある。連続露光を行った場合には、デバイスに印加する電圧を除去する前後でも、露光部分は露光されたままであり、非露光部分は露光されないままであるため、図15に示すように、露光部分のみ反射率の高いプレーナ相となって画像が形成される。

【0025】しかし、間欠的な露光を行った場合には、図16に示すように、いったん露光された領域でも、素子に印加された電圧が除去される前後においては、非露光状態となる。したがって、間欠露光を行った場合には、露光を行った所も行わなかった所も、デバイスへの印加電圧除去後にはフォーカルコニック相となってしまう、画像を形成することができない。

【0026】このように、従来のコレステリック液晶と光導電体を用いた液晶デバイスは、画像形成のためには液晶デバイスの全面にわたって同時に露光しなければならず、そのため、書き込み装置として膨大な数ないしそれに準じる数の発光画素を有する露光装置を必要とし、かつそれら多数の画素を並行して制御する必要があるので、書き込み装置の大型化および高コスト化をきたす欠点がある。

【0027】さらに、従来の液晶デバイスは、ガラス基板上に形成されるため、薄型化や軽量化ができず、取り扱いに難点がある。

【0028】そこで、この発明は、コレステリック液晶と光導電体を用い、電圧印加と露光によって画像を表示し、記録する液晶デバイスにおいて、液晶デバイスの全面にわたって同時に露光しなくても画像を形成することができ、書き込み装置の小型化および低コスト化を実現することができるとともに、液晶デバイスとしても、薄型かつ軽量で、取り扱いやすくなり、システム全体として、ハードコピーに代わり得るリライタブル表示媒体および書き込み装置を実現することができるようにしたものである。

【0029】

【課題を解決するための手段】請求項1の液晶デバイスは、液晶層と光導電体層を積層した液晶デバイスにおい

て、特に、液晶層をコレステリック液晶と透明樹脂からなる自己保持型液晶複合体とし、光導電体層を有機光導電体層としたものである。

【0030】請求項2の液晶デバイスは、請求項1の液晶デバイスにおいて、特に、その液晶層と光導電体層を樹脂基板によって保持する。

【0031】請求項3の液晶デバイス駆動方法は、請求項1の液晶デバイスに画像を記録する方法であって、特に、第1のステップで、液晶層全体をプレーナ相にし、第2のステップで、液晶層の露光時の相変化の第1閾値と非露光時の相変化の第1閾値との間の電圧を液晶デバイスに印加しながら、液晶デバイスを露光するものである。

【0032】請求項4の液晶デバイス駆動方法は、請求項3の液晶デバイス駆動方法において、特に、露光手段としてレーザを用いるものである。

【0033】請求項5の液晶デバイス駆動方法は、請求項3の液晶デバイス駆動方法において、特に、露光手段として発光ダイオードアレイを用いるものである。

【0034】請求項6の液晶デバイス駆動装置は、請求項1の液晶デバイスに画像を記録する装置であって、特に、第1のステップで、液晶層全体をプレーナ相にし、第2のステップで、液晶層の露光時の相変化の第1閾値と非露光時の相変化の第1閾値との間の電圧を液晶デバイスに印加しながら、液晶デバイスを露光するものである。

【0035】請求項7の液晶デバイス初期化方法は、請求項1の液晶デバイスを初期化する方法であって、液晶層の露光時の相変化の第2閾値と非露光時の相変化の第2閾値との間の電圧を液晶デバイスに印加しながら、液晶デバイスを全面露光するものである。

【0036】

【作用】コレステリック液晶（カイラルネマチック液晶）が示すプレーナ相は、螺旋軸に平行に入射した光を右旋光と左旋光に分け、螺旋の捩じれ方向に一致する円偏光成分をブラッグ反射し、残りの光を透過させる選択反射現象を起こす。反射光の中心波長 λ および反射波長幅 $\Delta\lambda$ は、螺旋ピッチを p 、螺旋軸に直交する平面内の平均屈折率を n 、複屈折率を Δn とすると、それぞれ、 $\lambda = n \cdot p$ 、 $\Delta\lambda = \Delta n \cdot p$ で表され、プレーナ相のコレステリック液晶層による反射光は、螺旋ピッチに依存した鮮やかな色を呈する。

【0037】正の誘電率異方性を有するコレステリック液晶は、図17(A)に示すように、螺旋軸がセル表面に垂直になり、入射光に対して上記の選択反射現象を起こすプレーナ相、同図(B)に示すように、螺旋軸がほぼセル表面に平行になり、入射光を少し前方散乱させながら透過させるフォーカルコニック相、および同図(C)に示すように、螺旋構造がほどけて液晶ダイレクタが電界方向を向き、入射光をほぼ完全に透過させるホ

メオトロピック相、の3つの状態を示す。

【0038】上記の3つの状態のうち、プレーナー相とフォーカルコニック相は、無電界で双安定に存在することができる。したがって、コレステリック液晶の相状態は、液晶層に印加される電界強度に対して一義的に決まらず、プレーナー相が初期状態の場合には、電界強度の増加に伴って、プレーナー相、フォーカルコニック相、ホメオトロピック相の順に変化し、フォーカルコニック相が初期状態の場合には、電界強度の増加に伴って、フォーカルコニック相、ホメオトロピック相の順に変化する。

【0039】一方、液晶層に印加した電界強度を急激にゼロにした場合には、プレーナー相とフォーカルコニック相はそのままの状態を維持し、ホメオトロピック相はプレーナー相に変化する。

【0040】したがって、パルス信号を印加した直後のコレステリック液晶層は、図18に示すようなスイッチング挙動を示し、印加されたパルス信号の電圧が、 V_{fh} 、90以上のときには、ホメオトロピック相からプレーナー相に変化した選択反射状態となり、 V_{pf} 、10と V_{fh} 、10の間ときには、フォーカルコニック相による透過状態となり、 V_{pf} 、90以下のときには、パルス信号印加前の状態を継続した状態、すなわちプレーナー相による選択反射状態またはフォーカルコニック相による透過状態となる。

【0041】なお、図中、縦軸は正規化反射率であり、最大反射率を100、最小反射率を0として、反射率を正規化している。また、プレーナー相、フォーカルコニック相およびホメオトロピック相の各状態間には、遷移領域が存在するため、正規化反射率が90以上の場合を選択反射状態、正規化反射率が10以下の場合を透過状態と定義し、プレーナー相とフォーカルコニック相の相変化のしきい電圧を、遷移領域の前後に対して、それぞれ V_{pf} 、90、 V_{pf} 、10とし、フォーカルコニック相とホメオトロピック相の相変化のしきい電圧を、遷移領域の前後に対して、それぞれ V_{fh} 、10、 V_{fh} 、90とする。

【0042】特に、コレステリック液晶に高分子を添加したPNLC (Polymer-Networked Liquid Crystal) 構造またはPCLC (Polymer-Dispersed Liquid Crystal) 構造の液晶層においては、コレステリック液晶と高分子の界面における干渉により(アンカリング効果)、プレーナー相とフォーカルコニック相の無電界における双安定性が向上し、長期間に渡ってパルス信号印加直後の状態を保持することができる。

【0043】この発明の液晶デバイスでは、このコレステリック液晶の双安定現象を利用して、(A)プレーナー相による選択反射状態と、(B)フォーカルコニック相による透過状態とを、スイッチングすることによつ

て、無電界でのメモリ性を有するブラック・ホワイトのモノクロ表示、または無電界でのメモリ性を有するカラー表示を行う。

【0044】さらに、この発明の液晶デバイスは、液晶層としてコレステリック液晶と透明樹脂からなる自己保持型液晶複合体を、光導電体層として有機光導電体層を、積層したものである。典型的には、この自己保持型液晶複合体からなる液晶層と有機光導電体層とは、一対の透明な基板間に積層する。

【0045】自己保持型液晶複合体と有機光導電体は、いずれも原液の塗布やラミネート加工によって積層形成することができるので、この発明の液晶デバイスは、容易かつ安価に作製することができる。

【0046】さらに、自己保持型液晶複合体も有機光導電体も、いずれもハードコピーに要求される解像度を容易に達成することができ、液晶デバイスの表示分解能を高くすることができる。

【0047】コレステリック液晶のプレーナー相による選択反射とフォーカルコニック相による光透過との間のコントラストを強調するために、自己保持型液晶複合体からなる液晶層と有機光導電体層との間に黒色の誘電体からなる光吸収層を設けてもよい。

【0048】また、この発明の液晶デバイスは、液晶層と有機光導電体層を樹脂基板によって保持することによって、より軽量で取り扱いやすい形態とすることができる。この場合、液晶層を外から目視によって確認できるように、樹脂基板を透明にして、複数の基板で液晶層と有機光導電体層を保持するようにすれば、より強度が大きい液晶デバイスを実現することができる。また、一枚の透明基板の片側に液晶層と有機光導電体層を形成すれば、より軽量で取り扱いやすい液晶デバイスを得ることができる。

【0049】この発明では、コレステリック液晶層の図14に示したような露光時と非露光時の印加電圧と反射率との関係によるスイッチング挙動を利用して、コレステリック液晶と透明樹脂からなる自己保持型液晶複合体の液晶層と有機光導電体層とを積層した液晶デバイスにおいて、第1のステップで、液晶層全体をプレーナ相にし、第2のステップで、露光時の第1閾値と非露光時の第1閾値との間の電圧を液晶デバイスに印加しながら、液晶デバイスを露光して、液晶デバイスに画像を記録する。

【0050】すなわち、第1のステップでは、図14の V_{1u} 以上の電圧をデバイス全体に印加した後、数ミリ秒以下の短い時間で電圧を除去することによって、または、デバイス全体を露光しながら、 V_{1e} 以上、 V_{1u} 以下の電圧を印加した後、数ミリ秒以下の短い時間で光を除去することによって、液晶層全体のプレーナ相への配向が達成される。

【0051】次に、第2のステップでは、露光時の第1

閾値電圧 V_{1e} と非露光時の第 1 閾値電圧 V_{1u} との間の電圧 V_r をデバイスに印加しながら、液晶デバイスを露光することによって、画像の記録が行われる。

【0052】このとき、露光されない部分のコレステリック液晶は、図 14 の破線で示すように、プレーナ相を保つプラトー上にあり、デバイス全体に印加している電圧を、いつ除去しても、プレーナ相のままである。

【0053】一方、露光された部分のコレステリック液晶は、図 14 の実線で示すように、フォーカルコニック相となり、露光を停止しても、フォーカルコニック状態が保持される。これは、一度、フォーカルコニック相に移行したコレステリック液晶は、 V_{1u} 以上の電圧をデバイス全体に印加した後、数ミリ秒以下の短い時間で電圧を除去することによって、または、デバイス全体を露光しながら、 V_{1e} 以上、 V_{1u} 以下の電圧を印加した後、数ミリ秒以下の短い時間で光を除去することによって、一度、フレデリクス転移によるホメオトロピック相を経ないと、プレーナ相への配向を達成できないためである。

【0054】この発明では、露光手段としてレーザ、例えば半導体レーザを用いることによって、既存の電子写真用の記録装置をわずかに改造するだけで書き込み装置に流用することができ、書き込み装置を安価かつ小型のものとすることができる。従来の記録方法では間欠的な露光による記録ができないため、この発明により初めて、このような既存の装置の利用が可能となったものである。

【0055】また、この発明では、露光手段として発光ダイオードアレイを用いることによって、既存の電子写真用の記録装置をわずかに改造するだけで書き込み装置に流用することができ、書き込み装置を安価かつ小型のものとするすることができる。

【0056】さらに、発光ダイオードアレイは、同時に複数の画素の露光を行うことができるため、同じプロセス速度にした場合には、レーザによる走査露光よりも露光時間を長く取ることができる。実際には、図 14 に示した露光によるフォーカルコニック相の形成は、フレデリクス転移と比較すると時間がかかるため、露光時間は許される限り長く取ることが望ましい。発光ダイオードアレイは、同じプロセス速度にした場合には、レーザによる走査露光よりも露光時間を長く取ることができるため、フォーカルコニック相の形成が、より十分となる。

【0057】また、この発明の液晶デバイスにおいては、露光時の第 2 閾値電圧 V_{2e} と非露光時の第 2 閾値電圧 V_{2u} との間の電圧をデバイスに印加しながら、デバイスを全面露光することによって、液晶デバイスの記録の初期化を行うことができ、その場合、初期化のための印加電圧が低いので、書き込み装置をより安価かつ安全なものとすることができる。

【0058】プレーナ相による選択反射は、ピーク波長

域で最大 50% の反射率が得られるので、この発明の液晶デバイスによれば、明るく、コントラストの高い表示を行うことができる。さらに、自己保持型液晶複合体からなる液晶層を、同じ色光を選択反射し、互いにコレステリック液晶の螺旋ねじれ方向が逆の 2 つの液晶層で構成することによって、より明るい表示を行うことができる。

【0059】以上のように、この発明によれば、液晶デバイスとして、薄型かつ軽量で、取り扱いやすいものを実現することができるとともに、液晶デバイスの全面にわたって同時に露光しなくても画像を形成することができるので、書き込み装置の小型化および低コスト化を実現することができ、システム全体として、ハードコピーに代わり得るリライタブル表示媒体および書き込み装置を実現することができる。

【0060】

【発明の実施の形態】図 1 に、この発明の液晶デバイスの第 1 の実施形態を示す。

【0061】この実施形態の液晶デバイスは、透明基板 1 上に透明電極 2 を形成し、透明電極 2 上にスペーサ 3 を配して液晶層 4 を形成し、液晶層 4 上に遮光層 5 を形成し、遮光層 5 上に有機光導電体層 6 を形成し、有機光導電体層 6 上に透明電極 7 を形成し、透明電極 7 上に透明基板 8 を形成した積層体構造のもので、その液晶層 4 は、コレステリック液晶と透明樹脂からなる自己保持型液晶複合体によって形成する。

【0062】透明基板 1 および透明電極 2 としては、可視光線に対して透明な材料を用いる。透明基板 1 としては、典型的にはソーダガラスやコーニング 7059 などを用いることができるが、特にこれらに限定されない。透明電極 2 としては、典型的には酸化インジウム錫 (ITO) やネサなどを用いることができるが、特にこれらに限定されない。

【0063】液晶層 4 を構成するコレステリック液晶としては、シッフ塩基系、アゾ系、アゾキシ系、ビフェニル系、ターフェニル系、安息香酸エステル系、トランス系、ピリミジン系、シクロヘキサンカルボン酸エステル系、フェニルシクロヘキサン系、ジオキサン系などの正の誘電率異方性を有するネマチック液晶、またはこれらの混合物に、エステル誘導体、シアノビフェニル誘導体、ビスアニール誘導体などの、光学活性なカイラル剤を添加した材料を用いることができる。

【0064】コレステリック液晶の螺旋ピッチは、ネマチック液晶に対するカイラル剤の添加量で調整する。例えば、表示色を青、緑、赤とする場合には、それぞれ選択反射の中心波長が、400 nm ~ 500 nm、500 nm ~ 600 nm、600 nm ~ 700 nm の範囲になるようにする。また、コレステリック液晶の螺旋ピッチの温度依存性を補償するために、ねじれ方向が異なる、または逆の温度依存性を示す複数のカイラル剤を添加す

る公知の手法を用いてもよい。

【0065】液晶層4がコレステリック液晶と透明樹脂からなる自己保持型液晶複合体を形成する形態としては、コレステリック液晶の連続相中に網目状の樹脂を含むPNLC (Polymer Network Liquid Crystal) 構造や、高分子の骨格中にコレステリック液晶がドロップレット状に分散されたPDLC (Polymer Dispersed Liquid Crystal) 構造を用いることができ、PNLC構造やPDLC構造とすることによって、コレステリック液晶と高分子の界面にアンカリング効果を生じ、無電界でのプレーナー相またはフォーカルコニック相の保持状態を、より安定にすることができる。

【0066】PNLC構造やPDLC構造は、高分子と液晶を相分離させる公知の方法、例えば、アクリル系、チオール系、エポキシ系などの、熱や光、電子線などによって重合する高分子前駆体と液晶を混合し、均一相の状態から重合させて相分離させるPIPS (Polymerization Induced Phase Separation) 法、ポリビニルアルコールなどの、液晶の溶解度が低い高分子と液晶を混合し、攪拌懸濁させて、液晶を高分子中にドロップレット分散させるエマルジョン法、熱可塑性高分子と液晶を混合し、均一相に加熱した状態から冷却して相分離させるTIPS (Thermally Induced Phase Separation) 法、高分子と液晶をクロロホルムなどの溶媒に溶かし、溶媒を蒸発させて高分子と液晶を相分離させるSIPS (Solvent Induced Phase Separation) 法などによって形成することができるが、特に限定されるものではない。

【0067】PIPS法やTIPS法などによってPNLC構造やPDLC構造の液晶層4を形成する場合、液晶層4の膜厚を一定に保つには、透明基板1上の透明電極2と透明基板8上の遮光層5との間にスペーサ3を散布するのが便利である。スペーサ3は、ガラスやプラスチックなどからなるボール型またはシリンダー型のものを用いることができ、液晶層4の厚みを数 μm ～数10 μm に制御する。また、スペーサ3の代わりに、透明電極2側または遮光層5側に、液晶層4の厚みを制御する突起物などを形成してもよい。

【0068】遮光層5は、カドミウムテルル、顔料やカーボンブラックを分散させた樹脂などによって形成する。液晶デバイスのリライタブルメディアとしての取り扱いやすさからは、カドミウムテルルではなく、顔料やカーボンブラックを分散させた樹脂などを用いることが望ましい。

【0069】有機光導電体層6は、電子写真で一般的に用いられている電荷移動錯体型、共晶錯体型、積層型のいずれの形式のものを用いてもよい。具体的には、ポリ-N-ビニルカルバゾール/2, 4, 7-トリニトロフ

ルオレノン系、ピリリウム塩とポリカーボネートとの共晶体にトリフェニルメタン系化合物を分散させたもの、アゾ化合物やフタロシアニン化合物などの有機顔料からなる電荷発生材料と電荷担体の低分子輸送物質をポリエステル、ポリカーボネートなどの汎用樹脂中に溶解分散させた電荷輸送材料を層状に分離して形成したもの、などを用いることができる。機能的には、特定の光の露光により誘電率や導電率が大きく変化するものであれば、上記のものに特に限定されない。

【0070】透明電極7および透明基板8は、光学的に透明なものであれば、特に限定されない。特に、有機光導電体層6はこれらを通して露光されるため、有機光導電体層6が感度を持つ波長に対して透明であることが望ましい。

【0071】図2は、この発明の液晶デバイスの第2の実施形態を示す。

【0072】この実施形態の液晶デバイスは、図1の実施形態の液晶デバイスの透明基板8に代えて透明樹脂基板9を設け、透明基板1に代えて保護層10を設けたものである。

【0073】透明樹脂基板9は、ポリエチレン、ポリスチレン、ポリエチレンテレフタレート、ポリビニルアルコール、ポリカーボネート、ポリ塩化ビニル、ポリイミド、ポリアミド、ポリエーテルサルホンなどの高分子フィルムを用いることができる。その厚みは、数10 μm ～数100 μm で、自己支持性と可とう性を併せ持つことが好ましい。また、必要に応じて、その表面に、液晶配向層、耐摩耗層、液晶デバイス内へのガスの混入を防止するバリア層などの公知の機能性膜を形成してもよい。

【0074】表示側の保護層10は、フィラーを分散した光重合性樹脂によって形成することができるが、特にこれに限定されない。

【0075】表示側に透明基板1に代えて保護層10を設ける場合には、自己保持型液晶複合体からなる液晶層4は、より構造が頑強であるPDLC構造とすることが望ましい。この場合、バーコート法、スピンコート法、ロールコート法などの、膜厚を規定することができる塗布方法によりPDLC構造を形成することによって、スペーサ3を省略することができる。

【0076】図3は、その場合の実施形態を示し、液晶層4は、それぞれ高分子の支持多孔構造中にコレステリック液晶をドロップレット分散させたもので、スペーサを挿入することなく積層形成した場合である。

【0077】図4は、図1～図3のような構造の、この発明の液晶デバイスの等価回路を示す。Csは、遮光層5の等価静電容量、Ca、CbおよびRa、Rbは、それぞれ液晶層4および有機光導電体層6の静電容量および抵抗値である。

【0078】液晶デバイスの透明電極2、7間に外部の

書き込み装置から印加される電圧を V とすると、通常、液晶層4および有機光導電体層6の抵抗値 R_a および R_b は十分に大きいため、液晶層4に印加される電圧 V_a は、

$$V_a = (C_b C_s / C) V \quad \cdots (1)$$

で表される。ここで、

$$C = C_a C_b + C_a C_s + C_b C_s \quad \cdots (2)$$

である。そして、遮光層5が十分に薄いので、 $C_s \gg C_a$ とすると、

$$V_a = V / (1 + C_a / C_b) \quad \cdots (3)$$

となる。

【0079】式(3)から明らかなように、 V_a を V にほぼ等しくするには、 $C_b \gg C_a$ とする必要がある。しかし、その場合には、 V_a に対する C_a / C_b の寄与が無視できる程度に小さくなるため、露光と非露光によって C_b が変化しても、 V_a はほとんど変化しないことになる。逆に、 C_a / C_b を大きくすると、 $V_a < V$ となるが、露光と非露光による C_b の変化を V_a に反映しやすくなる。

【0080】静電容量は膜厚に反比例するので、ある一定の材料を選んだ場合、 C_a / C_b を大きくするには、液晶層4に対する有機光導電体層6の厚みを大きくすることが有効である。

【0081】図5に、有機光導電体層6の膜厚を変えたときの液晶層4のスイッチング挙動の変化を示す。

- (A) は有機光導電体層6を $6 \mu m$ の厚みとした場合、
- (B) は有機光導電体層6を $18 \mu m$ の厚みとした場合である。

【0082】この発明で利用する露光時の第2閾値電圧 V_{pfe} と非露光時の第2閾値電圧 V_{pfu} との差は、一般に、従来の技術で用いられている露光時の第1閾値電圧 V_{fpe} と非露光時の第1閾値電圧 V_{fpu} との差ほど、大きくすることはできないが、図5から明かなように、有機光導電体層6の膜厚を大きくすることによって、露光時の第2閾値電圧 V_{pfe} と非露光時の第2閾値電圧 V_{pfu} との差を大きくして、安定した動作を確保することができる。

【0083】より具体的には、有機光導電体層6として電荷移動錯体型または共晶錯体型の有機感光体を用いる場合には、単純に塗布膜厚を制御することによって、有機光導電体層6として積層型の有機感光体を用いる場合には、より単純に電荷輸送層の膜厚を制御することによって、十分な閾値電圧差を得ることができる。

【0084】一方、液晶層4のスイッチング挙動は、液晶層4を構成するコレステリック液晶の誘電率異方性、弾性率、螺旋ピッチ、高分子の骨格構造や側鎖、相分離プロセス、高分子と液晶の界面のモルフォロジー、これらの総合によって決まる高分子と液晶の界面におけるアンカリング効果の程度などによって、制御することができる。

【0085】より具体的には、ネマチック液晶の種類や組成比、カイラル剤の種類、樹脂の種類、高分子樹脂の出発物質であるモノマー、オリゴマー、開始剤、架橋剤などの種類や組成比、重合温度、光重合のための露光光源、露光強度、露光時間、雰囲気温度、電子線重合のための電子線強度、暴露時間、雰囲気温度、塗布時の溶媒の種類や組成比、溶液濃度、ウェット膜厚、乾燥温度、温度降下時の開始温度、温度降下速度などであるが、これらに限定されない。

10 【0086】図6に、外部の書き込み装置によって印加された電圧に対する、この発明の液晶デバイスの液晶層4のスイッチング挙動を示す。

【0087】露光時の液晶層4のプレーナ相からフォーカルコニック相への変化の閾値電圧を V_{pfe} 、非露光時の液晶層4のプレーナ相からフォーカルコニック相への変化の閾値電圧を V_{pfu} 、露光時の液晶層4のフォーカルコニック相からプレーナ相への変化の閾値電圧を V_{fpe} 、非露光時の液晶層4のフォーカルコニック相からプレーナ相への変化の閾値電圧を V_{fpu} とする。

20 【0088】外部の書き込み装置によって、図7(A)に示すように、交流パルスによって構成される電圧を、期間 T_1 、 T_2 において印加する。まず、第1のステップにおいて、図6の V_{fpu} 以上の電圧 V_b を印加することによって、液晶層4のコレステリック液晶はプレーナ相となる。その後、電圧 V_b の印加を停止しても、プレーナ相はメモリ性があるので、液晶層4は高い反射率を保持する。

【0089】次に、第2のステップにおいて、図6の V_{pfe} 以上、 V_{pfu} 以下の電圧 V_a を印加するが、図7(B)(C)に示すように、露光が始まるまで、プレーナ相は保持され、選択反射を示す。

【0090】その後、露光を開始すると、液晶層4に分配される電圧が増加して、液晶層4はプレーナ相からフォーカルコニック相に変化する。その後、露光が終っても、フォーカルコニック相はメモリ性があるので、液晶層4は低い反射率を保持する。

【0091】一方、露光を受けない部分については、図7(D)に示すように、第1のステップにおいて図6の V_{fpu} 以上の電圧 V_b を印加することにより形成されたプレーナ相が最後まで保持され、選択反射を示し続ける。

【0092】図8は、外部の書き込み装置によって印加された電圧に対する、この発明の液晶デバイスの液晶層4のスイッチング挙動の他の形態を示す。

【0093】外部の書き込み装置によって、図8(A)に示すように、交流パルスによって構成される電圧を、期間 T_1 、 T_2 において印加する。まず、第1のステップにおいて、図6の V_{fpe} 以上、 V_{fpu} 以下の電圧 V_c を印加しながら、有機光導電体層6全体を露光する

ことによって、液晶層 4 のコレステリック液晶はプレーナ相となる。その後、電圧 V_c の印加を停止し、露光を停止しても、プレーナ相はメモリ性があるので、液晶層 4 は高い反射率を保持する。

【0094】次に、第 2 のステップにおいて、図 6 の V_{pfe} 以上、 V_{pfu} 以下の電圧 V_a を印加するが、図 8 (B) (C) に示すように、露光が始まるまで、プレーナ相は保持され、選択反射を示す。

【0095】その後、露光を開始すると、液晶層 4 に分配される電圧が増加して、液晶層 4 はプレーナ相からフォーカルコニック相に変化する。その後、露光が終つても、フォーカルコニック相はメモリ性があるので、液晶層 4 は低い反射率を保持する。

【0096】一方、露光を受けない部分については、図 8 (D) に示すように、第 1 のステップにおいて図 6 の V_{fpu} 以上の電圧 V_b を印加することにより形成されたプレーナ相が最後まで保持され、選択反射を示し続ける。

【0097】図 9 は、以上のような方法によって書き込みを行う、この発明の書き込み装置の一実施形態を示し、露光装置にレーザを用いた場合である。

【0098】露光光学系は、光源 11 として半導体レーザを用い、コリメータレンズ 12、ポリゴンミラー 13、ポリゴンモータ 14、 $f-\theta$ レンズ 15、折り返し用ミラー 16 などによって構成され、レーザビーム 17 は、ビーム調整ミラー 18 を介して同期信号発生器 19 に送られ、走査タイミングの同期に用いられる。図では省略したが、この露光装置の制御装置は、一般の電子写真用レーザ露光装置のそれと同様である。

【0099】液晶デバイス 20 の副走査方向への送り、図示するように液晶デバイス 20 を平面状に固定して、パルスモータによって行い、または、液晶デバイス 20 の基板をフィルムで構成することにより、液晶デバイス 20 を柔軟性のあるものとして、円筒状のドラムに固定して、モータによって回転させる、などの方法によることができる。

【0100】この書き込み装置が一般の電子写真式の記録装置と異なるのは、液晶デバイス 20 に電圧を供給する駆動電源 21 を備える点である。駆動電源 21 は、第 1 のステップと第 2 のステップで異なる電圧を供給する必要があるため、少なくとも 2 水準の電圧を供給できる電源である必要がある。

【0101】図 10 は、この発明の書き込み装置の他の実施形態を示し、露光装置に発光ダイオードアレイを用いた場合である。露光用の光源が発光ダイオードアレイ 22 と自己結像型ロッドレンズアレイ 23 によって構成されるほかは、図 9 の実施形態と同じである。

【0102】この発明の液晶デバイスを試作して、特性を測定し、書き込みを行った。以下、実施例として示す。

【0103】(実施例 1) 実施例 1 として、図 1 の例のものを作製した。

【0104】透明基板 8 および透明電極 7 を構成する、1.1 mm 厚、1 インチ角の、片面に ITO (酸化インジウム錫) が形成されたコーニング 7059 ガラスの ITO 側の面に、無金属フタロシアニン (アルドリッチ社製) 65 wt % をポリビニルブチラール樹脂 (アルドリッチ社製) に分散したものを、ロールコート法によって 6 μ m 厚に形成して、有機光導電体層 6 とした。

【0105】その有機光導電体層 6 上に、ブラックポリイミド BKR-105 (日本化薬社製) を、スピニング法によって 0.7 μ m 厚に形成して、遮光層 5 とした。さらに、遮光層 5 上に、スペーサ 3 として接着剤付の 5 μ m 径の球状スペーサーハヤビーズ L-25 (早川ゴム社製) を湿式散布し、乾燥させた。

【0106】コレステリック液晶と透明樹脂からなる自己保持型液晶複合体層 4 の前駆体混合液として、正の誘電率異方性を有するネマチック液晶 BL012 (メルク社製) 69.0 wt %、右旋性カイラル剤 CB15 (メルク社製) 15.5 wt % および右旋性カイラル剤 CE2 (メルク社製) 15.5 wt % を混合した溶液に、チオール系 UV 重合高分子前駆体 NOA65 (ノーランド社製) を 15 wt % 添加して、調製した。

【0107】スペーサ 3 を分散した遮光層 5 上に、この前駆体混合液を滴下し、さらに、透明基板 1 および透明電極 2 を構成する、1.1 mm 厚、1 インチ角の、片面に ITO (酸化インジウム錫) が形成されたコーニング 7059 ガラスの ITO 側の面を、前駆体混合液に密着させ、スペーサ 3 が遮光層 5 と ITO (透明電極 2) に接触するようにした。

【0108】以上の作業を 60℃ 雰囲気中で行った後、スペーサ 3 を接着するため、110℃ に加熱して、30 分間保持した。再び 60℃ の環境に戻して、高圧水銀ランプをフィルタリングした 50 mW/cm² (365 nm) の UV 光を 60 秒照射した後、常温に戻し、一対の ITO (透明電極 7, 2) にリード線を接続して、液晶デバイスを得た。

【0109】得られた液晶デバイスの外観は、自己保持型液晶複合体層 4 が赤色の選択反射を示すものであった。

【0110】得られた液晶デバイスの一対のリード線を、任意波形発生装置の出力が供給される高圧電圧増幅器に接続した。液晶デバイスの有機光導電体層 6 を露光しないで、50 Hz、300 ms 期間の矩形波を与えた後、電圧をオフにしたところ、矩形波の振幅が 80 V から 140 V の間においては、デバイスは選択反射を示さず黒色に見え、矩形波の振幅が 160 V 以上においては、作製時よりも更に鮮やかな赤色を示した。

【0111】一方、液晶デバイスの有機光導電体層 6 をハロゲンランプで露光しながら、50 Hz、300 ms

期間の矩形波を与えた後、電圧をオフにしたところ、矩形波の振幅が75Vから120Vの間においては、デバイスは選択反射を示さず黒色に見え、矩形波の振幅が130V以上においては、作製時よりも更に鮮やかな赤色を示した。

【0112】このデバイスの有機光導電体層6に、結像光学系を用いて3ラインペア/mmの解像度チャートを露光しながら、140V、50Hz、300ms期間の矩形波を与えた後、電圧をオフにしたところ、自己保持型液晶複合体層4上に、解像度チャートの画像がポジ画像として現れた。この書き込みを1000回以上繰り返しても、表示色および表示に必要な電圧に変化は見られなかった。また、自己保持型液晶複合体層4上の画像は十分なメモリ性を有し、30日以上経過してもコントラストや明るさに変化は見られなかった。

【0113】(実施例2) 実施例2として、図2の例のものを作製した。

【0114】片面にITOが形成された75μm厚のルミラー(東レ製)を2インチ角に切り出して、透明樹脂基板9および透明電極7とし、そのITO側の面に、無金属フタロシアニン(アルドリッチ社製)65wt%をポリビニルブチラール樹脂(アルドリッチ社製)に分散したものを、ロールコート法によって6μm厚に形成して、有機光導電体層6とした。

【0115】その有機光導電体層6上に、ブラックポリイミドBKR-105(日本化薬社製)を、スピンコート法によって0.7μm厚に形成して、遮光層5とした。さらに、遮光層5上に、スペーサ3として接着剤付の5μm径の球状スペーサーハヤビーズL-2.5(早川ゴム社製)を湿式散布し、乾燥させた。

【0116】コレステリック液晶と透明樹脂からなる自己保持型液晶複合体層4の前駆体混合液として、正の誘電率異方性を有するネマチック液晶E48(メルク社製)57.6wt%、右旋性カイラル剤CB15(メルク社製)21.2wt%および右旋性カイラル剤CE2(メルク社製)21.2wt%を混合した溶液に、チオール系UV重合高分子前駆体NOA65(ノーランド社製)を15wt%添加して、調製した。

【0117】スペーサ3を分散した遮光層5上に、この前駆体混合液を滴下し、さらに、片面にITOが形成された75μm厚のルミラー(東レ製)を2インチ角に切り出して、保護層10および透明電極2とし、そのITO側の面を、前駆体混合液に密着させ、スペーサ3が遮光層5とITO(透明電極2)に接触するようにした。

【0118】以上の作業を60℃雰囲気中で行った後、スペーサ3を接着するため、110℃に加熱して、30分間保持した。再び60℃の環境に戻して、高圧水銀ランプをフィルタリングした50mW/cm²(365nm)のUV光を60秒照射した後、常温に戻し、一対のITO(透明電極7、2)にリード線を接続して、液晶

デバイスを得た。

【0119】得られた液晶デバイスの外観は、自己保持型液晶複合体層4が緑色の選択反射を示すものであった。

【0120】得られた液晶デバイスの一対のリード線を、任意波形発生装置の出力が供給される高圧電圧増幅器に接続した。液晶デバイスの有機光導電体層6を露光しないで、50Hz、300ms期間の矩形波を与えた後、電圧をオフにしたところ、矩形波の振幅が90Vから150Vの間においては、デバイスは選択反射を示さず黒色に見え、矩形波の振幅が180V以上においては、作製時よりも更に鮮やかな緑色を示した。

【0121】一方、液晶デバイスの有機光導電体層6をハロゲンランプで露光しながら、50Hz、300ms期間の矩形波を与えた後、電圧をオフにしたところ、矩形波の振幅が80Vから130Vの間においては、デバイスは選択反射を示さず黒色に見え、矩形波の振幅が140V以上においては、作製時よりも更に鮮やかな緑色を示した。

【0122】このデバイスの有機光導電体層6に、結像光学系を用いて3ラインペア/mmの解像度チャートを露光しながら、150V、50Hz、300ms期間の矩形波を与えた後、電圧をオフにしたところ、自己保持型液晶複合体層4上に、解像度チャートの画像がポジ画像として現れた。この書き込みを1000回以上繰り返しても、表示色および表示に必要な電圧に変化は見られなかった。また、自己保持型液晶複合体層4上の画像は十分なメモリ性を有し、30日以上経過してもコントラストや明るさに変化は見られなかった。

【0123】さらに、この場合の液晶デバイスは、200μm以下の厚みで、可とう性を有していた。

【0124】(実施例3) 実施例3として、図3の例のものを作製した。

【0125】片面にITOが形成された75μm厚のPETフィルムルミラー(東レ製)を2インチ角に切り出して、透明樹脂基板9および透明電極7とし、そのITO側の面に、フタロシアニン化合物顔料からなる電荷発生材料層を、ディップコート法によって0.2μm厚に形成し、その上に、ポリカーボネートに電荷輸送材料を溶解したものを、スピンコート法によって6μm厚に形成し、さらにその上に、フタロシアニン化合物顔料からなる電荷発生材料層を、ディップコート法によって0.2μm厚に形成して、電荷発生層、電荷輸送層、電荷発生層の3層からなる有機光導電体層6を形成した。

【0126】その有機光導電体層6上に、ブラックポリイミドBKR-105(日本化薬社製)を、スピンコート法によって0.7μm厚に形成して、遮光層5とした。

【0127】コレステリック液晶として、正の誘電率異方性を有するネマチック液晶BL012(メルク社製)

54. 6wt%、右旋性カイラル剤CB15（メルク社製）22. 7wt%および右旋性カイラル剤CE2（メルク社製）22. 7wt%を混合して、調製した。

【0128】このコレステリック液晶と、エタノールでイオン除去を行った重合度500のPVA（和光純薬工業社製）の10wt%水溶液を、1:2.5の重量比で混合し、内歯式高速ホモゲナイザー（オムニ社製）を用いて10,000rpmで3分間攪拌し、真空装置内に放置して脱気し、エマルジョンを作製した。

【0129】そのエマルジョンを水で2倍に希釈して、遮光層5上に、ドクターブレード005（ガードナー社製）を用いて均一に塗布し、室温下で3時間乾燥させ、さらに90℃で一晩乾燥させて、液晶層4として約10μm厚のPDLC層を形成した。

【0130】そのPDLC層4上に、ITOをターゲットとしてスパッタ法によってITO層（透明電極2）を形成し、さらにその上に、光硬化性樹脂中にシリコンフィラーを分散させたものを塗布し、硬化させて、保護層10を形成し、液晶デバイスを得た。

【0131】得られた液晶デバイスの外観は、PDLC層4が青色の選択反射を示すものであった。

【0132】得られた液晶デバイスの一対のリード線を、任意波形発生装置の出力が供給される高圧電圧増幅器に接続した。液晶デバイスの有機光導電体層6を露光しないで、50Hz、300ms期間の矩形波を与えた後、電圧をオフにしたところ、矩形波の振幅が95Vから160Vの間においては、デバイスは選択反射を示さず黒色に見え、矩形波の振幅が190V以上においては、作製時よりも更に鮮やかな青色を示した。

【0133】一方、液晶デバイスの有機光導電体層6をハロゲンランプで露光しながら、50Hz、300ms期間の矩形波を与えた後、電圧をオフにしたところ、矩形波の振幅が85Vから140Vの間においては、デバイスは選択反射を示さず黒色に見え、矩形波の振幅が150V以上においては、作製時よりも更に鮮やかな青色を示した。

【0134】このデバイスの有機光導電体層6に、結像光学系を用いて3ラインペア/mmの解像度チャートを密着させ、ハロゲンランプで露光しながら、170V、50Hz、300ms期間の矩形波を与えた後、電圧をオフにしたところ、PDLC層4上に解像度チャートの画像がポジ画像として現れた。この書き込みを1000回以上繰り返しても、表示色および表示に必要な電圧に変化は見られなかった。また、PDLC層4上の画像は十分なメモリ性を有し、30日以上経過してもコントラストや明るさに変化は見られなかった。

【0135】さらに、この場合の液晶デバイスは、100μm以下の厚みで、実施例2のものより高い可とう性を有していた。

【0136】（実施例4）実施例3で得られた液晶デバ

イスを暗幕で包み、200V、50Hzの矩形波を与えた後、電圧をオフにして暗幕から取り出したところ、デバイスは鮮やかな青色を示した。

【0137】この液晶デバイスに3ラインペア/mmの平行線からなる解像度チャートを密着させ、暗所で90V、50Hzの矩形波を与えた後、ハロゲンランプで露光し、その後、電圧をオフにして暗所から取り出したところ、PDLC層4上に解像度チャートの画像がネガ画像として現れた。

【0138】解像度チャートを前と直交する向きに密着させ、暗所で90V、50Hzの矩形波を与えた後、ハロゲンランプで露光し、その後、電圧をオフにして暗所から取り出したところ、PDLC層4上に解像度チャートの画像が再びネガ画像として現れた。このとき、一度目の解像度チャートのネガ画像は保持されており、画像は格子状の模様を示すものとなった。

【0139】（比較例）実施例3の液晶デバイスを用いて、間欠露光による書き込みを行った。まず、液晶デバイスに3ラインペア/mmの平行線からなる解像度チャートを密着させ、暗所で170V、50Hzの矩形波を与えた後、ハロゲンランプで露光し、その後、電圧をオフにして暗所から取り出したところ、PDLC層4上に解像度チャートの画像がポジ画像として現れた。

【0140】解像度チャートを前と直交する向きに密着させ、暗所で170V、50Hzの矩形波を与えた後、ハロゲンランプで露光し、その後、電圧をオフにして暗所から取り出したところ、PDLC層4上に解像度チャートの画像が再びポジ画像として現れた。このとき、一度目の解像度チャートのポジ画像は消去されており、2度目の露光のときの解像度チャートと同じ向きの平行線だけが画像として残った。

【0141】（実施例5）実施例5では、実施例3の液晶デバイスを用いて、半導体レーザによる書き込みを行った。まず、液晶デバイスを暗幕で包み、200V、50Hz、300ms期間の矩形波を与えた後、電圧をオフにして暗幕から取り出したところ、デバイスは鮮やかな青色を示した。

【0142】半導体レーザの波長を660nmとした電子写真用の露光装置を用い、リード線を通して液晶デバイスに90V、50Hzの電圧を連続的に与えながら、300DPIプロセス速度100mm/秒として露光を行ったところ、青色の地に露光部分が黒色した鮮やかな画像が得られた。

【0143】（実施例6）実施例6では、実施例3の液晶デバイスを用いて、発光ダイオードアレイによる書き込みを行った。まず、液晶デバイスを暗幕で包み、200V、50Hz、300ms期間の矩形波を与えた後、電圧をオフにして暗幕から取り出したところ、デバイスは鮮やかな青色を示した。

【0144】スタンレー製の発光ダイオードアレイを用

いた電子写真用の露光装置を用い、リード線を通して液晶デバイスに90V、50Hzの電圧を連続的に与えながら、300DPIプロセス速度300mm/秒として露光を行ったところ、青色の地に露光部分が黒色した鮮やかな画像が得られた。

【0145】(実施例7) 実施例7では、まず、実施例3の液晶デバイスに、室内照明下で165V、50Hz、300ms期間の矩形波を与えた後、電圧をオフにしたところ、デバイスは鮮やかな青色を示した。

【0146】この液晶デバイスに3ラインペア/mmの平行線からなる解像度チャートを密着させ、暗所で90V、50Hzの矩形波を与えた後、ハロゲンランプで露光し、その後、電圧をオフにして暗所から取り出したところ、PDL層4上に解像度チャートの画像がネガ画像として現れた。

【0147】

【発明の効果】 上述したように、この発明によれば、液晶デバイスの全面にわたって同時に露光しなくても画像を形成することができ、書き込み装置の小型化および低コスト化を実現することができるとともに、液晶デバイスとしても、薄型かつ軽量で、取り扱いやすくなり、システム全体として、ハードコピーに代わり得るリライタブル表示媒体および書き込み装置を実現することができ

る。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の液晶デバイスの第1の例を示す図である。

【図2】 この発明の液晶デバイスの第2の例を示す図である。

【図3】 この発明の液晶デバイスの第3の例を示す図である。

【図4】 図1～図3の例の液晶デバイスの等価回路を示す図である。

【図5】 この発明の液晶デバイスのスイッチング挙動に対する有機光導電体層の膜厚の影響を示す図である。

【図6】 この発明の液晶デバイスのスイッチング挙動を

示す図である。

【図7】 この発明の駆動方法の一例による露光部分と非露光部分の反射率の時間変化を示す図である。

【図8】 この発明の駆動方法の他の例による露光部分と非露光部分の反射率の時間変化を示す図である。

【図9】 この発明の駆動装置の一例を示す図である。

【図10】 この発明の駆動装置の他の例を示す図である。

【図11】 従来の液晶デバイスの一例を示す図である。

【図12】 従来の液晶デバイスの他の例を示す図である。

【図13】 図12の液晶デバイスのスイッチング挙動を示す図である。

【図14】 図12の液晶デバイスのスイッチング挙動を示す図である。

【図15】 図12の液晶デバイスの駆動方法の説明に供する図である。

【図16】 図12の液晶デバイスの駆動方法の説明に供する図である。

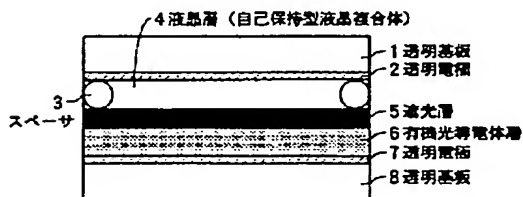
【図17】 コレステリック液晶の分子配向と光学特性の関係を示す図である。

【図18】 コレステリック液晶のスイッチング挙動を示す図である。

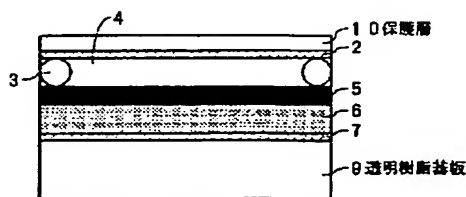
【符号の説明】

- 1, 8 透明基板
- 2, 7 透明電極
- 3 スペース
- 4 液晶層 (自己保持型液晶複合体)
- 5 遮光層
- 6 有機光導電体層
- 9 透明樹脂基板
- 10 保護層
- 11 半導体レーザ
- 20 液晶デバイス
- 21 駆動電源
- 22 発光ダイオードアレイ

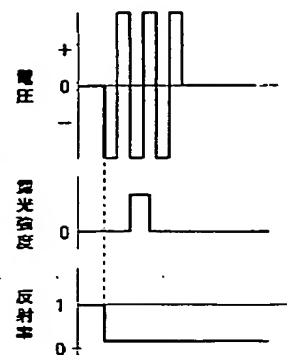
【図1】



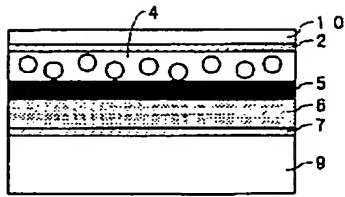
【図2】



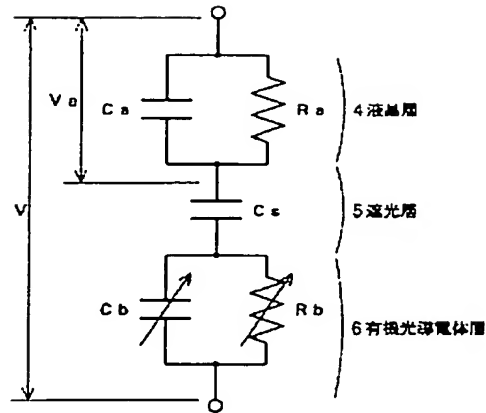
【図16】



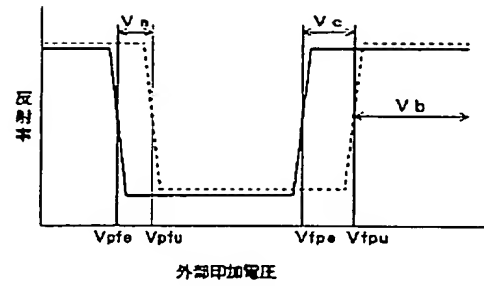
【図 3】



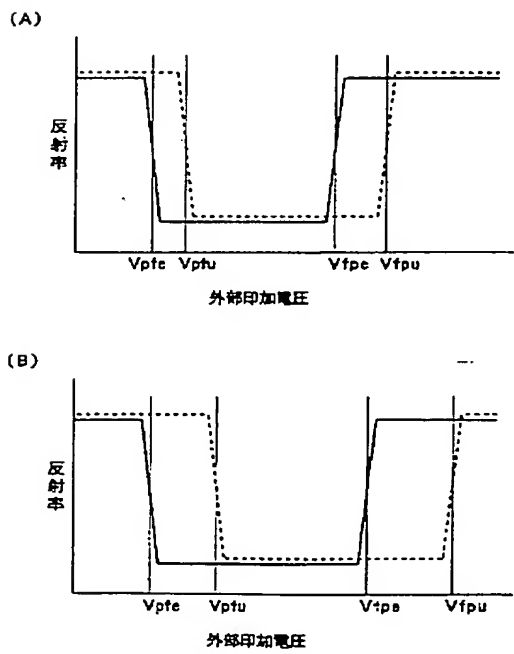
【図 4】



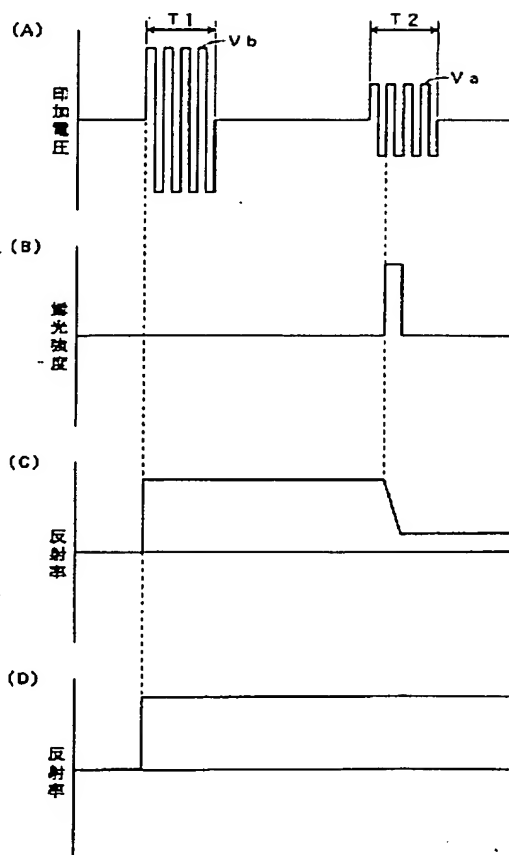
【図 6】



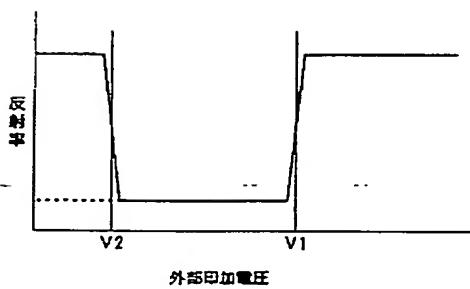
【図 5】



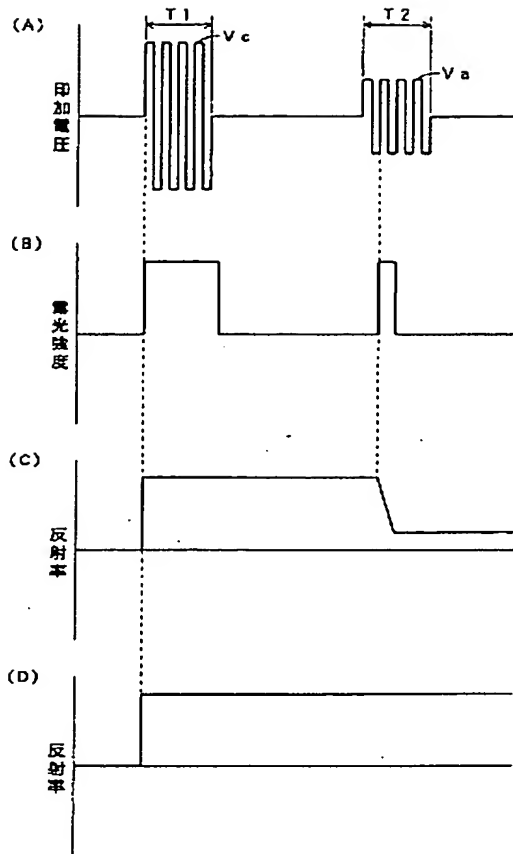
【図 7】



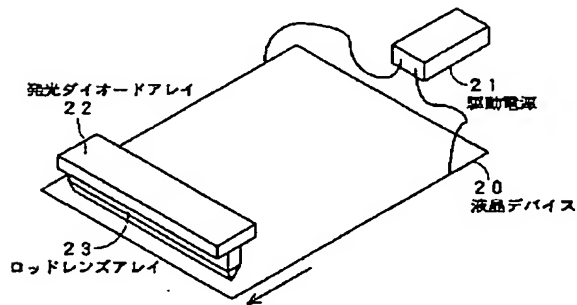
【図 13】



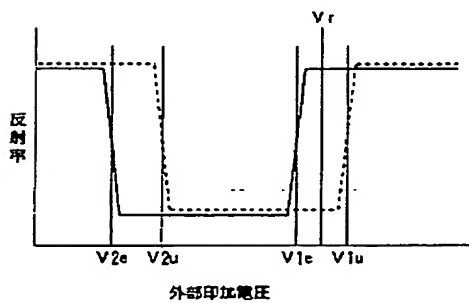
【図 8】



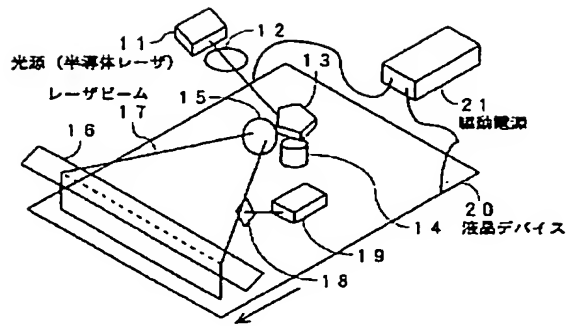
【図 10】



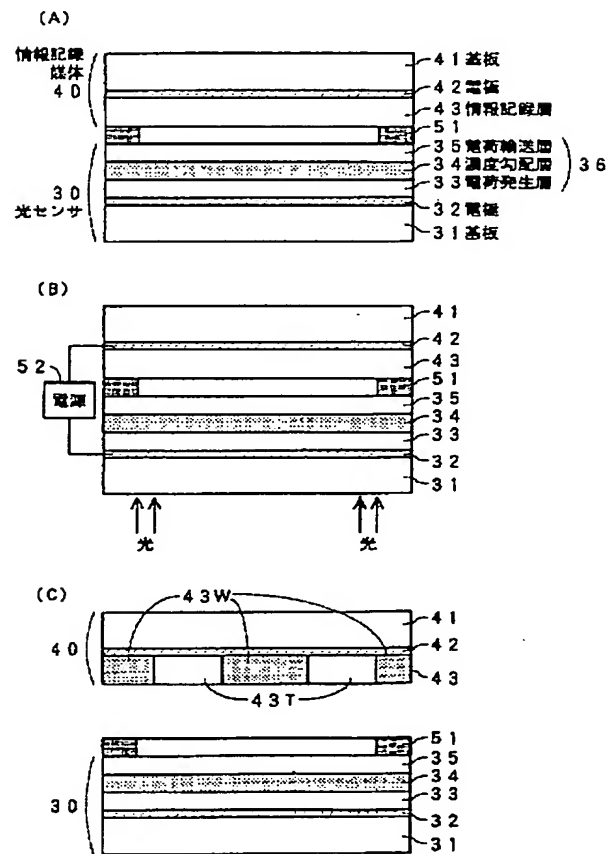
【図 14】



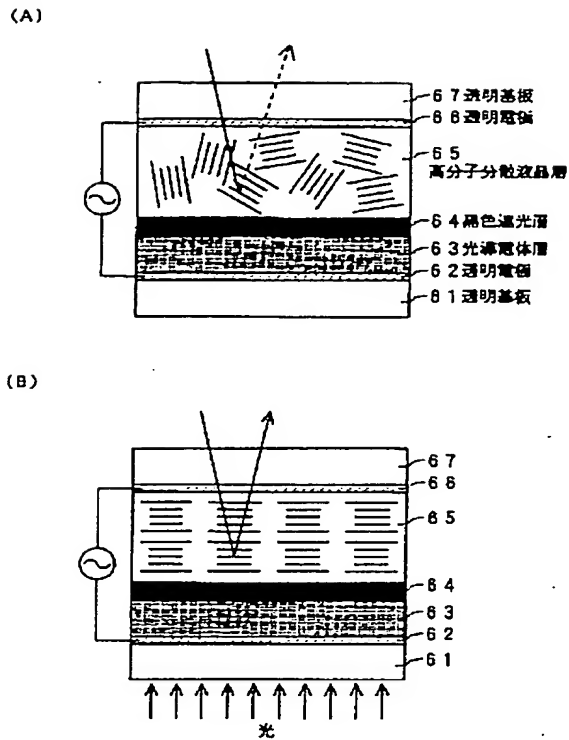
【図 9】



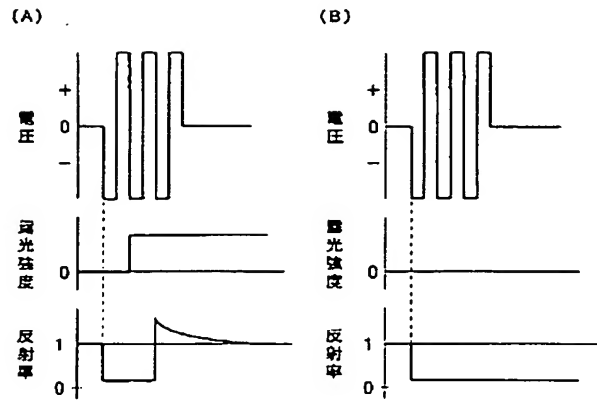
【図 11】



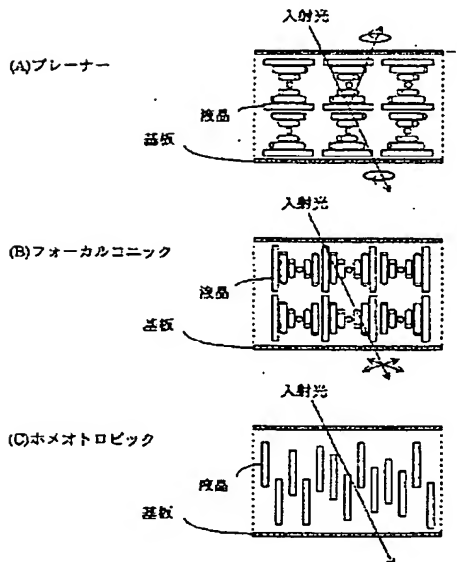
【図 12】



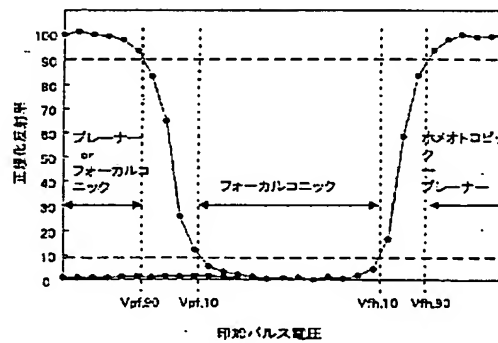
【図 15】



【図 17】



【図 18】



フロントページの続き

(72)発明者 原田 陽雄

神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーン
テクなかい富士ゼロックス株式会社内